

e-GNSS 即時定位系統與 地籍圖之探討

研究機關：臺中市中興地政事務所

研究人員：技士 陳正軒、張喬博

研究期間：104 年 1 月 1 日至 104 年 8 月 20 日

中華民國 104 年 8 月 25 日

e-GNSS 即時定位系統與 地籍圖之探討

陳正軒¹ 張喬博¹

摘要

受惠於現今行動通訊發達，加上內政部國土測繪中心大力推動 e-GNSS 即時動態定位系統，使得高精度 GPS 即時定位不再遙不可及，且 e-GNSS 具備多種坐標框架解算，並保證內政部未來公佈新框架時亦會提供相關轉換參數，若能應用 e-GNSS 即時動態定位系統於地籍測量作業，除可克服圖根點位相互通視不良之問題外，亦能克服短基線施測問題，其即時高精度之定位成果更能增進作業效率。

地政事務所通常由單一測量編組進行複丈相關作業，恰與 e-GNSS 即時動態定位系統作業方式密合，成果也經相關文獻證明能應用於地籍測量，但施測方式不同以往，為此本研究希望能將 e-GNSS 即時動態系統成果與傳統測量方式綜合比較，以此經驗於他人參考。

本研究先採用 GPS 靜態接收方式，透過傳統多組多基準站同時施測，並將靜態 GPS 觀測資料進行網形平差，瞭解 GPS 測量能否適用於研究區域，之後應用單人單機於不同基準站透過 e-GNSS 即時動態定位系統取得觀測資料，將原始資料、三維轉換、參數轉換後成果交叉比對，以客觀精度分析評論 e-GNSS 即時動態定位能否達到精度規範，並探討何種模式最適合地籍測量，同時就施測所需時間、人力消耗、解算方式等比較各測量方式之優勢。

目錄

一. 研究緣起與目的	1
1.1. 研究動機	1
1.2. 研究目的	2
二. 問題之背景與現況	2
2.1. e-GNSS 動態即時定位原理	2
2.2. 應用 e-GNSS 即時動態定位系統之限制	4
2.2.1. 透空率限制	4
2.2.2. 與 TWD97 坐標系統差異	4
2.2.3. 坐標轉換殘差影響	5
三. 研究方法與內容	6
3.1. 研究區域	6
3.2. 研究方法	8
3.2.1. 靜態 GPS 衛星觀測	9
3.2.2. e-GNSS 動態定位系統觀測	10
四. 研究發現與結論	15
4.1. GPS 衛星觀測成果與 TWD97 系統一致	15
4.2. e-GNSS 動態即時定位精度合乎規範	17
4.3. e-GNSS 成果套合至地籍坐標精度最佳	18
五. 建議事項	23
六. 參考文獻	28

一. 研究緣起與目的

1.1. 研究動機

土地複丈方式依地籍圖保存方式可區分為圖解法與數值法，圖解法最為人詬病之問題在於測量成果無法妥善保存，常造成不同階段施測成果有所差異，使得民眾對於地政事務所測量精度有所誤解，面對現場民眾的質疑將增加測量人員進行複丈作業之複雜度。

隨著地籍圖圖解數化作業完成，測量儀器也由平板儀演進為經緯儀，測量精度進步為數公分級，地政事務所開始不論圖解區或數值區皆以經緯儀進行施測，歷經各地段加密圖根佈設，配合各類隨身智慧裝置搭配對應之外業測繪軟體，每次測量成果皆可以數值記錄方式完整保存，使得複丈精度均一化，不因施測人員與時間不同而有差異。

但圖根點(銅標、大道釘等)常因道路施工、外力破壞導致遺失，倖存之圖根點也常存在通視不良問題，為此需要耗費大量時間與人力從遠處圖根點為基準進行圖根補建作業，依據誤差傳播定律，導線精度將隨距離與測站數量增加而降低，若無附合導線可供平差約制時，其精度讓人存疑。

現內政部國土測繪中心已建置完成 e-GNSS 即時動態定位系統 (<http://www.egnss.nlsc.gov.tw/>)，採用 VBS-RTK 作為核心定位技術，由建置於全國各地之衛星定位基準站，以每天 24 小時每 1 秒之連續性衛星觀測資料組成 GNSS 網絡，再配合最鄰近的實體基準站觀測資料，產製一個虛擬的基準站做為 RTK 主站，只要在可以同時接收 5 顆 GPS 衛星訊號的地方，都可以利用 GPRS 等無線上網的方式，在極短的時間內獲得高精度之定位成果。

若能應用 e-GNSS 即時動態定位系統於圖根點補建，除可克服圖根點位相互通視不良之問題外，亦能克服短基線施測問題，其即時高精度之定位成果更能增進圖根點補建工程之效率。

1.2. 研究目的

地政事務所通常由單一測量編組進行複丈相關作業，恰與 e-GNSS 即時動態定位系統作業方式密合，成果也經相關文獻證明能應用於地籍測量，但施測方式不同以往，需依賴行動網路達到即時傳輸運算目的地，在本所未進行相關測試時，多數人員對於系統穩定性與操作便利性感到存疑，為此本研究希望能將 e-GNSS 即時動態系統成果與傳統測量方式綜合比較，以此經驗於他人參考。

本研究先採用 GPS 靜態接收方式，透過傳統多組測量小組於多基準站同時施測，並將 GPS 觀測資料進行網形平差，之後應用單人單機於不同基準站透過 e-GNSS 即時動態定位系統取得觀測資料，將原始資料、三維轉換、參數轉換後成果交叉比對，以客觀精度分析評論 e-GNSS 即時動態定位能否達到精度規範，並探討何種模式最適合地籍測量，同時就施測所需時間、人力消耗、解算方式等比較各測量方式之優勢。

二. 問題之背景與現況

2.1. e-GNSS 動態即時定位原理

全球定位系統(Global Positioning System，簡稱 GPS)原為美國為軍事上定位及導航目的而發展，後擴大計畫使其應用於民間定位測量。整個系統共有 24 顆衛星均勻分布於 6 軌道面上，衛星軌道近乎圓形，衛星高度約兩萬公里，繞行地球一週約 12 小時，如此可確保在世界上任何時間任何地點皆可同時觀測到 4 至 7 顆衛星，以利導航及精確定位測量之應用，目前已大量應用於交通(航空、海運、車輛等)即時導航、軌跡紀錄及高精度測量。

由於 GPS 是透過衛星不斷向地面發射訊號，地面使用者則使用 GPS 接收儀接收來自不同衛星之各類電碼與載波訊號，求得衛星與 GPS 接收儀間之距離，再配合後方交會法求得 GPS 接收儀所在位置。

由於 GPS 衛星高度位於大氣層之上，其訊號發送後經過大氣層將產生電離層、對流層延遲，同時還有軌道、衛星時鐘、衛星幾何分佈、多路徑效應、接收儀等相關誤差，導致 GPS 即時定位精度約在公尺級別，之後發展

出 DGPS (Differential Global Positioning System) 差分定位技術，利用已知參考坐標點的固定地面站向外廣播衛星修正訊號，GPS 接收了地面站的修正信號後可以用來修正來自衛星信號的誤差，以獲得更高的定位精度。

往後又以 DGPS 差分定位技術原理發展成為 RTK (real time kinematic) 動態定位技術，在地面已知點架設固定參考基站，由另外 GPS 接收儀成立移動站，兩者以無線電方式進行溝通，利用已知基站坐標點測量計算出誤差值，進行修正藉此獲得公分級的即時定位成果，具有施測迅速、移動快速，且不需後處理的優點。

但以 RTK 進行即時動態定位，由於修正量是由固定參考基站計算而來，定位精度完全依靠單一基站數據，無法得知隱藏性誤差，導致無法全面監控測量品質，且透過無線電波溝通，移動站與基站距離需控制在 6~10km 內方可達到公分級定位精度(何維信、詹君正·2010)，實務上多限制於 2km 之內，雖說一般地籍測量之測區皆在此距離內，但單一參考基站可靠性卻是一大問題。

VBS-RTK (Virtual Base Station) 即時動態定位技術是由多組 GPS 基準站全天候連續地接收衛星資料，並經由行動網路與控制中心連接，計算出區域改正參數，再配合最鄰近的實體基準站觀測資料，藉以模擬出移動站附近之虛擬基準站相關資料；該虛擬基準站的觀測數據將會與移動站之實際接收的觀測數據及誤差模型具有極高相關性，系統誤差即可透過 RTK 差分計算消除，使用者可快速獲得高精度之即時動態定位成果。

實際應用時，VBS-RTK 使用者只需在移動站上架設 GPS 接收儀(移動站需位於 VBS-RTK 服務框架內)，並將相關資訊透過 GPRS 等行動通訊協定與控制中心傳輸資料，即可求解出高精度定位資訊。

e-GNSS 是內政部國土測繪中心基於 VBS-RTK 之即時動態定位服務，採用網路傳輸技術即時結合多個基準站觀測資料，建構區域性定位誤差改正模型，有效擴展 RTK 的作業距離，並建置 24 小時連續觀測的固定式基準站，使用者不須自行架設主站，可節省作業時間，降低作業成本，各基準站長期

連續的觀測資料經過嚴密的基線計算及網形平差分析，可提升基準站間之相對精度。

2.2. 應用 e-GNSS 即時動態定位系統之限制

e-GNSS 即時動態定位系統雖可快速獲得高精度之定位成果，惟實際應用時仍存在部分限制，除行動網路與 GPS 接收儀支援度等設備問題可直接透過升級來解決外，其原生問題如下列所示：

2.2.1. 透空率限制

舉凡所有 GPS 測量皆存在此限制，當移動站所處透空不佳時，將產生 GPS 接收訊號降低、衛星分佈形狀不良、多路徑效應增加等影響，縱使 e-GNSS 定位採用 VBS-RTK 能透過控制中心解算修正量，但 e-GNSS 產生之虛擬基站仍需配合移動站位置當作起始運算，初始定位精度低落嚴重時將導致無法求得 RTK-Fixed 虛擬基站坐標，此問題應用於市區大樓林立與山區茂密樹叢時特別嚴重，移動站選取務必考量透空良好區域。

2.2.2. 與 TWD97 坐標系統差異

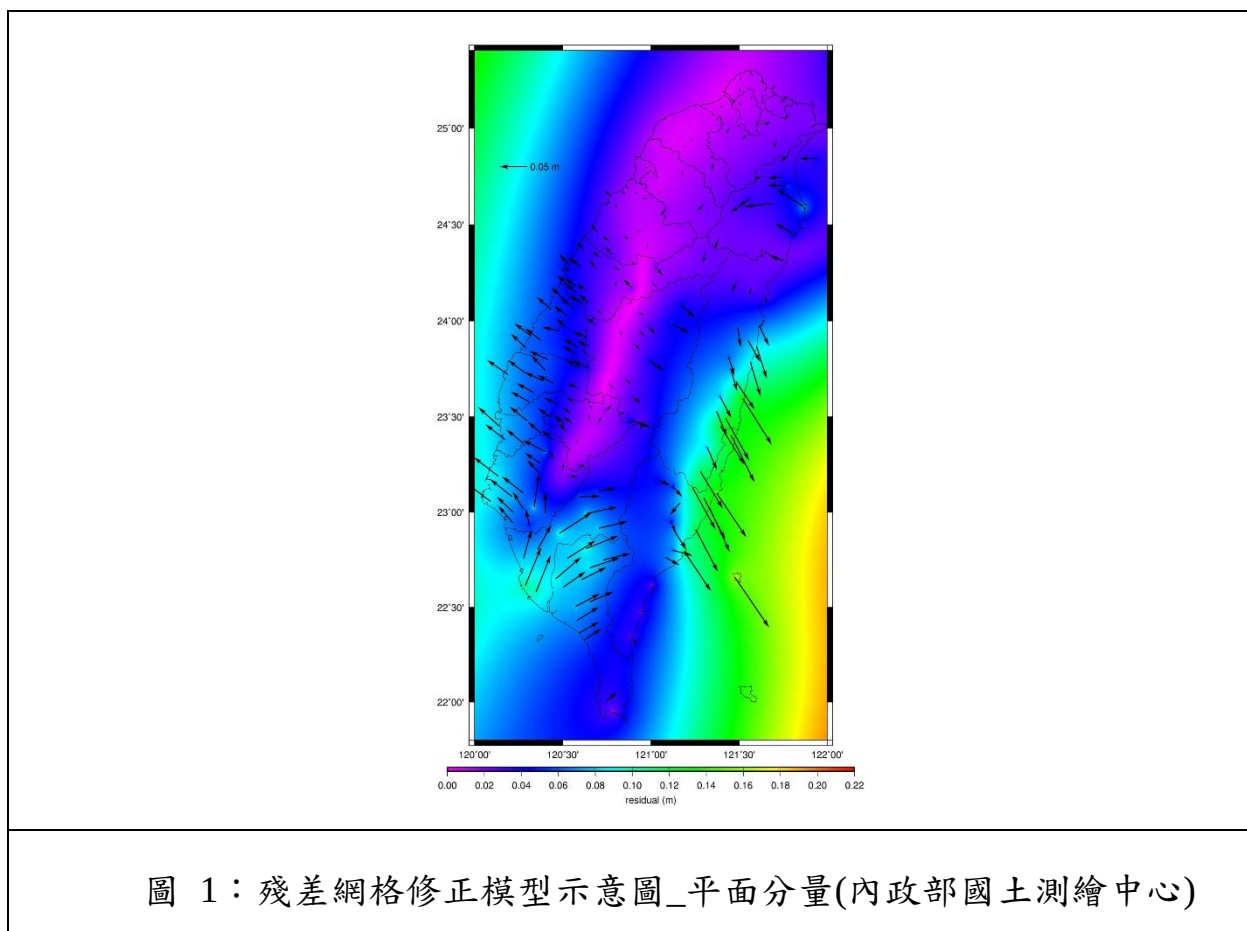
e-GNSS 坐標系統為其自帶之 VBS-RTK 系統，當位處台灣本島時，與 TWD97 法定坐標系統有所差異，除 GPS 接收儀必須支援 RTCM3.0 以上方可支援 TTG_TWD97 登錄點，透過即時坐標轉換為 TWD97 系統(相關參數必須設定完成)，其餘無法支援 RTCM3.0 者必須經由後處理方可獲得，使用時需留意各登錄點之坐標系統差異(詳表 1，資料來源 <http://www.egnss.nlsc.gov.tw/avbs-2.htm>)。

表 1：e-GNSS 各登錄點對應資訊

登錄點名稱	測量成果坐標系統	RTCM 版本	有效服務範圍
Taiwan	e-GNSS	RTC3.1	臺灣本島各縣市
Taiwan_RTCM23	e-GNSS	RTCM 2.3	
TTG_TWD97	平面:TWD97 高程:TWVD2001 正高	RTCM 3.1 (須使用廣播或自動坐標系統)	
TTG_2010	平面:TWD97[2010] 高程:TWVD2001 正高	RTCM 3.1(須使用廣播或自動坐標系統)	
Kinmen_Mazu_Penghu	平面:TWD97 高程:TWD97 橢球高	RTCM 2.3	金門縣 連江縣 澎湖縣
資料來源： http://www.egnss.nlsc.gov.tw/avbs-2.htm			

2.2.3. 坐標轉換殘差影響

由於e-GNSS與TWD97坐標系統是利用七參數轉換對台灣全島進行運算，由內政部國土測繪中心所公佈之【殘差網格修正模型示意圖】(圖 1，資料來源 <http://www.egnss.nlsc.gov.tw/egnss-1.html>)，由圖上得知，台灣西部區域如台南、高雄、屏東；東部區域如花蓮、台東等縣市，加上部分沿海區域，其殘差值高於平均，表示其系統誤差高，於殘差值較高區域進行e-GNSS定位時，最好能找尋該區其他可靠控制點進行約制，確保定位精度。



三. 研究方法與內容

為分析 e-GNSS 即時動態定位系統精度表現，本研究選定臺中市整體開發地區單元二作為研究區域，並經傳統長時間靜態 GPS 觀測資料進行網形平差，了解該區 GPS 坐標系統與法定 TWD97 坐標系統是否一致，最後進行 e-GNSS 即時動態系統獲得控制點觀測資料，藉各種坐標轉換模式與已知點計算較差，藉此評估精度差異。

3.1. 研究區域

研究區域選定臺中市整體開發地區單元二，為法定 TWD97 數值坐標系統，重劃會交付成果已經檢測，確認成果符合相關規範。選定區域北至向上路三段、西至環中路四段、東至黎明路一段、南至永鎮巷(如圖 2)，該地點屬低密度開發區域，現場仍以空地、低樓層建築為主，透空率良好，符合 GPS 測量要件。

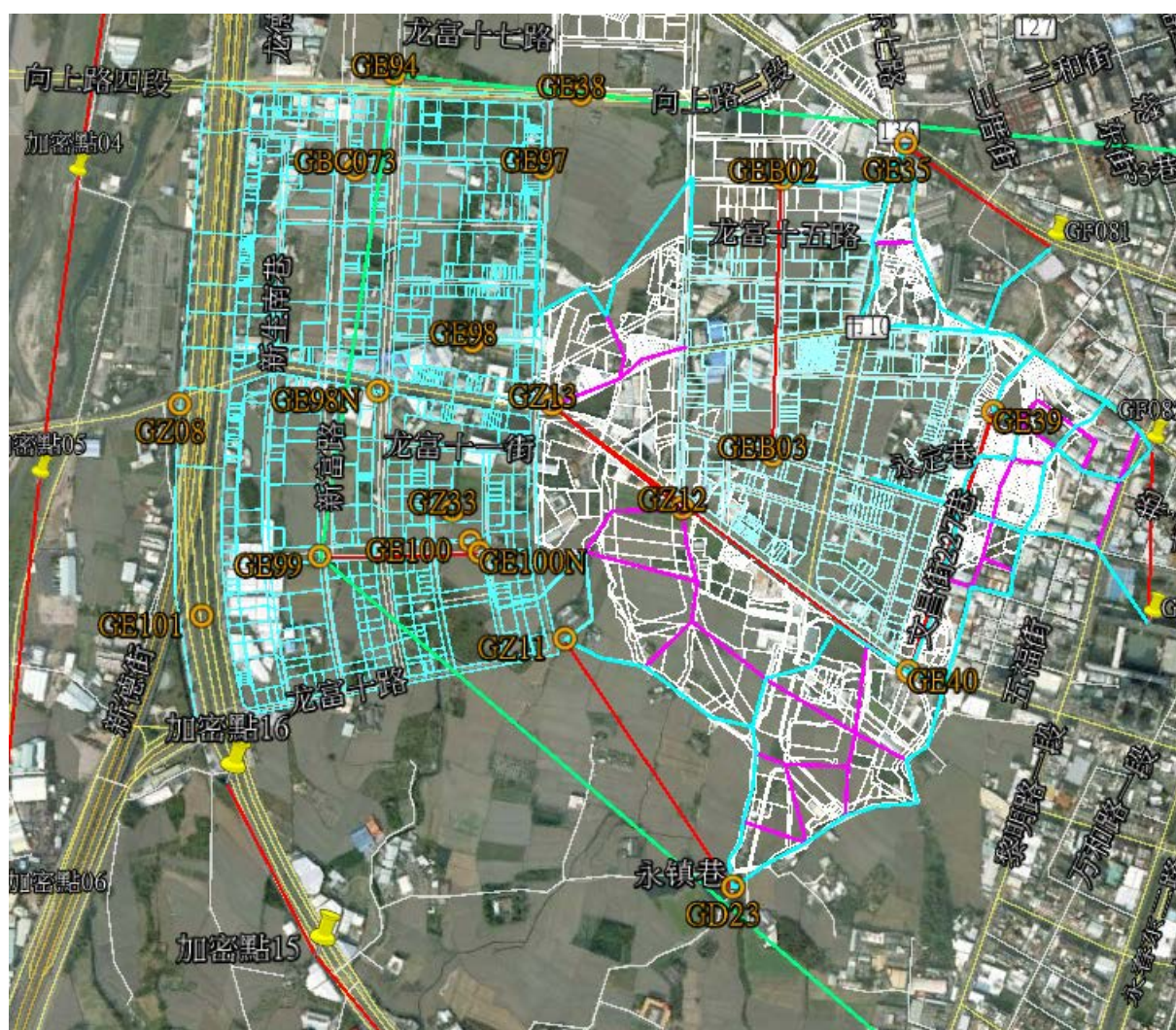


圖 2：研究區域

研究區域主要以單元二內南屯區永春段、新富段為主，特性為重劃完成日期迄今不遠且點交時經過檢測，表示圖根點與界址點位相關係可視為無誤，本研究時將重點專注於圖根點差異，藉由坐標較差來評估整體精度，降低研究複雜度；同時研究區域包含南屯區永定段(圖解區)，除可由單元二數值坐標來檢核 GPS 觀測數據外，未來更可將 e-GNSS 成果應用至永定段，藉此測試 e-GNSS 於不同區域之適應能力。

3.2. 研究方法

規劃兩階段外業作業，於研究區域選定控制點網形分佈後，第一階段先進行靜態 GPS 衛星觀測，藉由長時間且多組測站同步持續觀測，所得觀測資料可消除 GPS 衛星大部份系統誤差，藉此獲得公分級精度；第二階段開始於抽選上開作業控制點作為 e-GNSS 即時動態定位系統觀測對象，最後交叉分析【TWD97 數值地籍坐標】、【靜態 GPS 網形平差成果】、【e-GNSS 動態即時定位成果】差異，藉此評定 e-GNSS 系統成果表現，流程圖詳見圖 3。

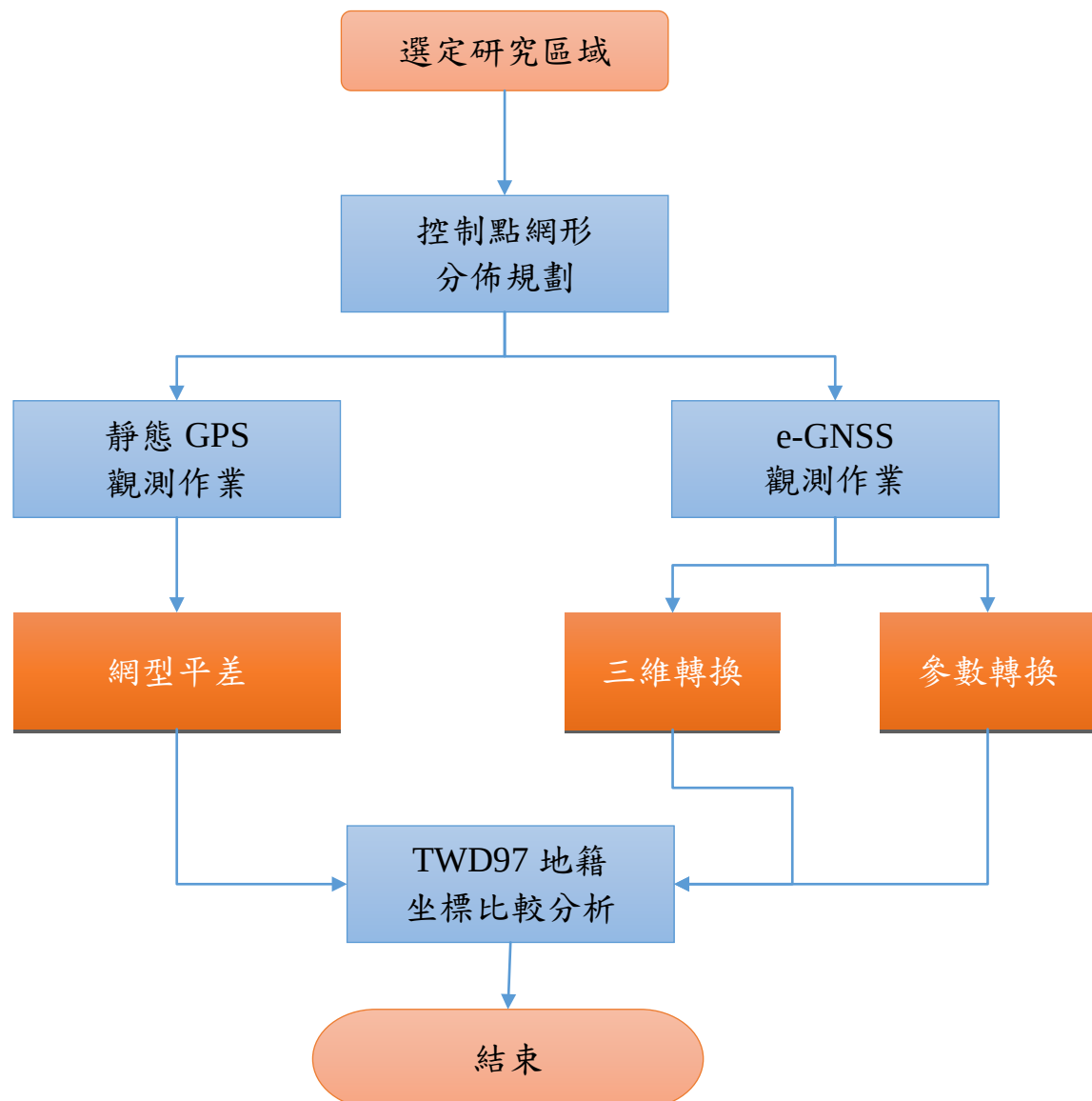


圖 3：研究流程圖

3.2.1. 靜態 GPS 衛星觀測

作業定於 104 年 6 月間實施 GPS 衛星定位測量外業觀測，測區附近已知控制點共 18 點，包含三等衛星控制點 2 點及歷年加密控制點 16 點(如表 2)，並由臺中市政府地政局協助觀測，使用 9 部 Javad Triumph-1 (<https://www.javad.com/jgnss/products/receivers/triumph-1.html>) 衛星定位接收儀，同步觀測 4 個時段。觀測參數：遮蔽角 15° 、5 秒記錄 1 筆，每時段觀測 60 分鐘，共計 2 萬 5,920 筆觀測資料，觀測時刻表如表 3 所示。

表 2：GPS 控制點相關資訊

TWD97 坐標系統					
等級	點名	縱坐標 (m)	橫坐標 (m)	幾何高 (m)	備註
3	B034	2671003.017	213407.630	82.406	三等衛星控制點
3	B038	2669601.582	214818.460	98.468	三等衛星控制點
4	GD23	2669820.430	212551.452	-	加密控制點
4	GD24	2669511.197	212871.826	-	加密控制點
4	GE100N	2670361.910	212135.221	70.308	加密控制點
4	GE35	2671044.496	212842.149	78.727	加密控制點
4	GE38	2671125.838	212296.345	77.291	加密控制點
4	GE39	2670590.843	212979.825	75.209	加密控制點
4	GE40	2670165.348	212837.299	72.599	加密控制點
4	GE94N	2671162.749	211983.149	76.026	加密控制點
4	GE97	2671001.552	212233.787	75.694	加密控制點
4	GE98N	2670628.304	211964.341	71.759	加密控制點
4	GE99	2670355.899	211872.820	70.028	加密控制點
4	GEB02	2670981.782	212633.983	-	加密控制點
4	GEB03	2670519.447	212616.523	-	加密控制點
4	GZ11	2670220.302	212276.776	69.975	加密控制點
4	GZ12	2670433.959	212469.297	72.950	加密控制點
4	GZ13	2670605.049	212253.014	72.717	加密控制點

表 3：GPS 衛星定位測量觀測時段表

	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組	第七組	第八組	第九組
測段 1 09:15-10:15	B038	B034	GF081	GF082	GF083	GE39	GD24	GD23	GE40
儀器高 (m)	1.565	1.352	1.686	1.831	1.810	1.691	1.622	1.635	1.781
測段 2 10:35-11:35	GZ13	GE98N	GE99	GZ12	GE100 N	GZ11	GD24	GD23	GE40
儀器高 (m)	1.670	1.775	1.672	1.834	1.811	1.666	1.622	1.746	1.781
測段 3 11:47-12:47	GZ13	GEB02	GF081	GZ12	GE35	B034	GE39	GEB03	GE40
儀器高 (m)	1.670	1.920	1.733	1.834	1.796	1.210	1.760	1.719	1.781
測段 4 12:57-13:57	GZ13	GEB02	GE98N	GE94N	GE35	B034	GE38	GE97	GE99
儀器高 (m)	1.670	1.920	1.678	1.810	1.796	1.210	1.737	1.783	1.794

3.2.2. e-GNSS 動態定位系統觀測

作業定於 104 年 8 月間，觀測對象由靜態 GPS 控制點中挑選 11 點，並增加 BC018、BC035、BC042 加密圖根點作為檢核對象，點位均勻分佈於研究區域中 (如圖 5 所示)，採用 Trimble 5800 Rover 衛星定位系統作為接收儀，以單機作業方式逐點觀測，觀測時皆使用 2m 標竿配合雙叉支架(見圖 4)以維持穩定，每次觀測皆等待 RTK-Fixed 後接收 15 秒後儲存，每站紀錄 3 測回以平均值求得坐標，相關資訊如表 4 所示。



圖 4：儀器架設方式

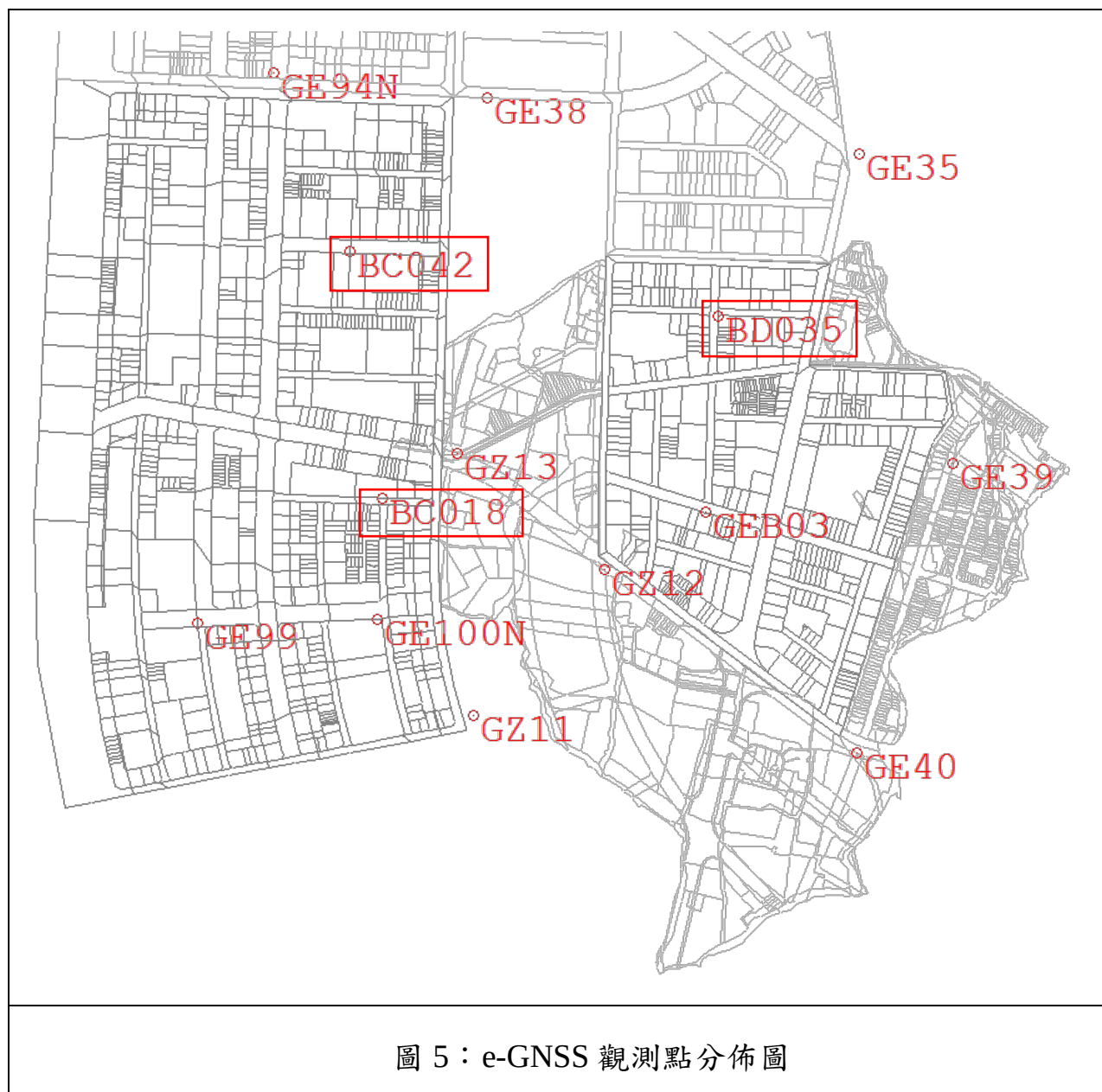


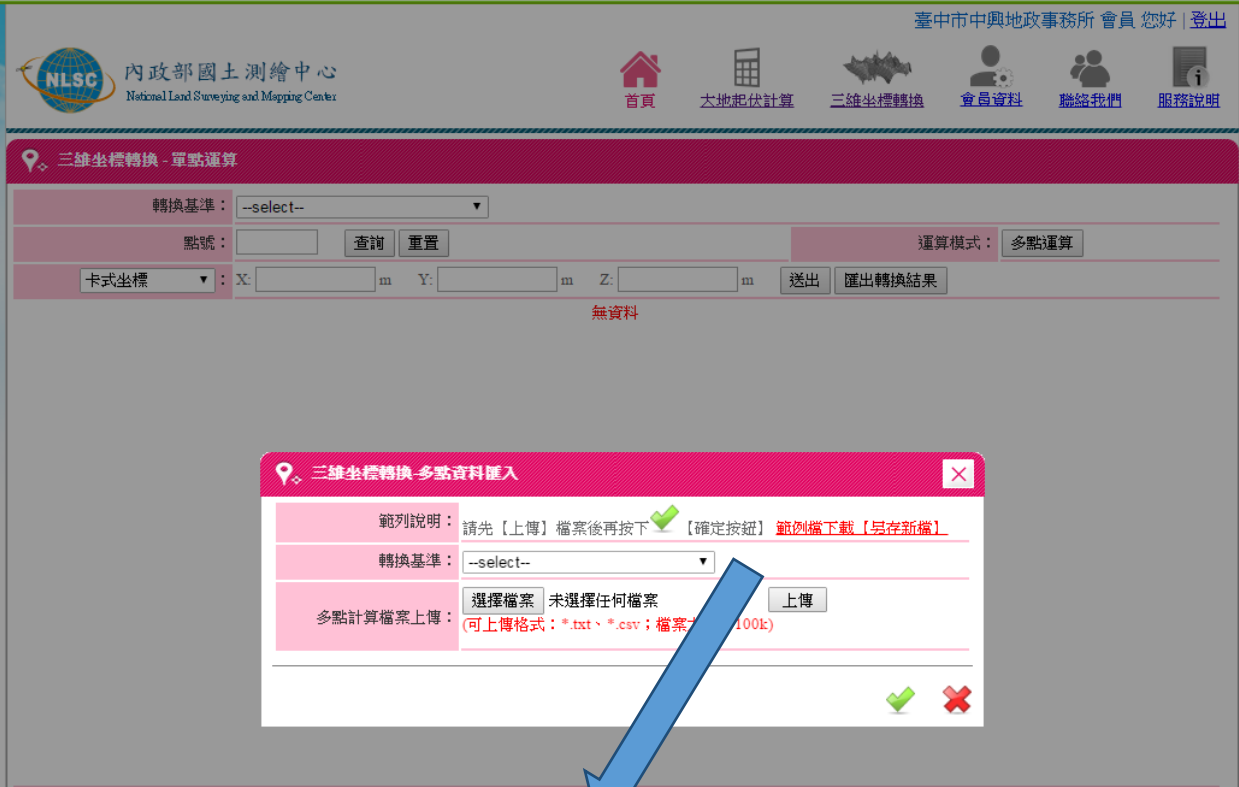
表 4： e-GNSS 測量計畫內容

GPS 接收儀	Trimble 5800 Rover
儀器架設方式	2m 標竿配合雙叉支架維持水平
連線 IP	210.241.63.193；port 81
Mount Point	Taiwan_RTCM23
紀錄收斂秒數	15 秒以上
坐標計算方式	每站紀錄 3 次求平均

由於 Trimble 5800 屬於早期生產之接收器，並不支援 RTCM 3.0 以上版本，使得成果坐標系統與 TWD97 並不一致，需透過內政部國土測繪中心三維坐標轉換服務 (<http://trans.egnss.nlsc.gov.tw:8081/index.aspx>、見圖 6) 方能獲得 TWD97 坐標系統成果。



操作時必須先以 e-GNSS 即時動態定位系統會員帳號登入，登入後點擊【三維坐標轉換】連結後，點擊【多點運算】按鈕，將 e-GNSS 接收資料整理為範例格式後上傳(如圖 7)，系統將立即運算產製 TWD97 坐標成果。



內政部國土測繪中心
National Land Surveying and Mapping Center

臺中市中興地政事務所 會員 您好 | 登出

首頁 大地起伏計算 三維坐標轉換 會員資料 聯絡我們 服務說明

三維坐標轉換 - 單點運算

轉換基準: --select--

點號: [] 查詢 重置 運算模式: 多點運算

卡式坐標: X: [] m Y: [] m Z: [] m 送出 匯出轉換結果

無資料

三維坐標轉換 - 多點資料匯入

範例說明: 請先【上傳】檔案後再按下【確定按鈕】[範例檔下載【另存新檔】](#)

轉換基準: --select--

選擇檔案 未選擇任何檔案 上傳

多點計算檔案上傳: (可上傳格式: *.txt、*.csv; 檔案大小: 100k)

#井字號為註解，各欄位分隔符號為逗號
#點位格式(XYZ|NEh|BLh)

#測站點號，坐標類型，輸入坐標1(X/Lat/N)，輸入坐標2(Y/Lon/E)，輸入坐標3(Z/h/h)
T291,NEh,2424199.328,233704.075,28.591
T004,BLh,21.92206183,120.73711914,51.246
S441,XYZ,-3035458.04,5082179.078,2366880.009

圖 7：三維轉換多點運算功能畫面

四. 研究發現與結論

交叉分析【TWD97 數值地籍坐標】、【靜態 GPS 網形平差成果】、【e-GNSS 動態即時定位成果】後，可獲得以下結論：

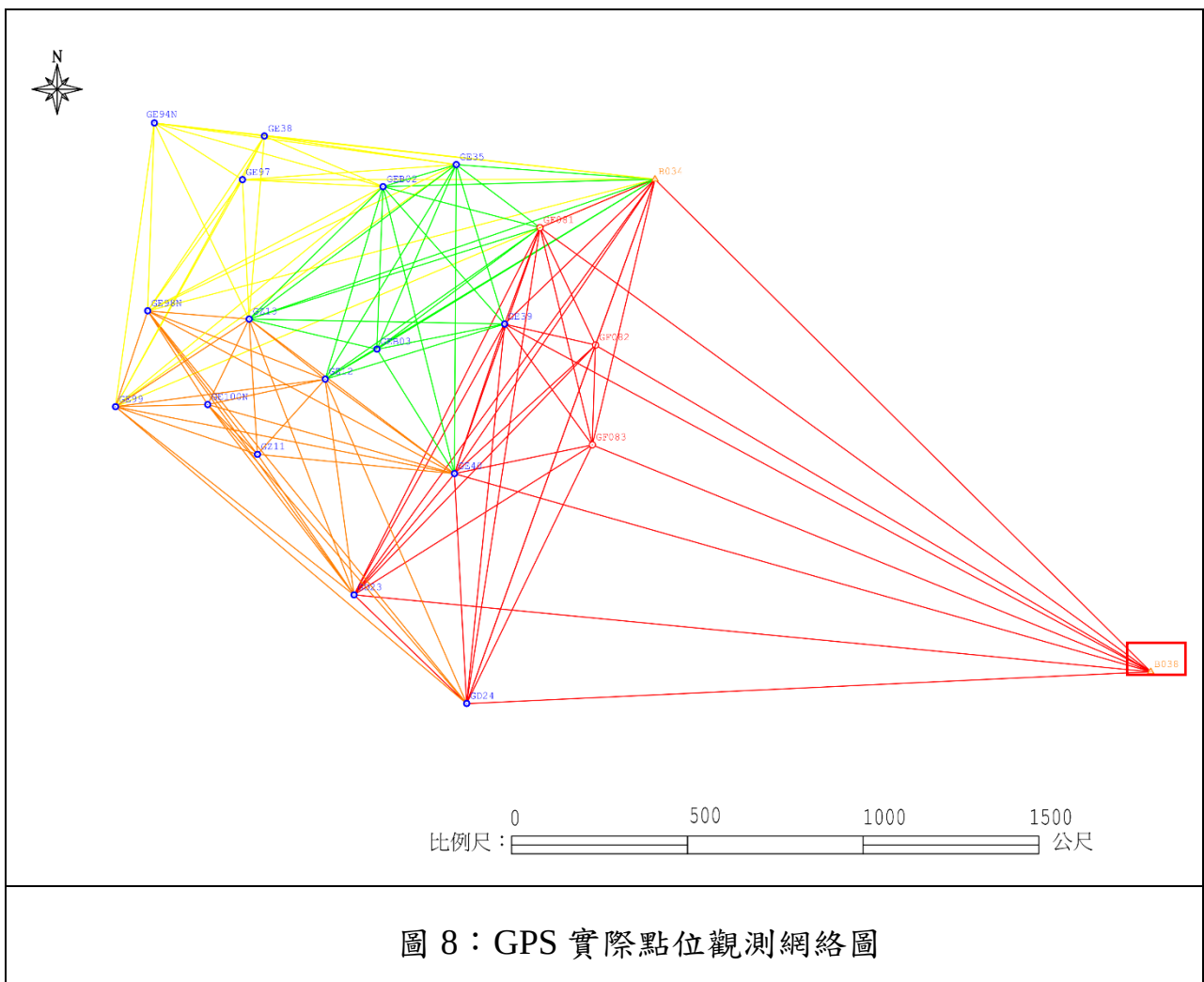
4.1. GPS 衛星觀測成果與 TWD97 系統一致

將 2 萬 5,920 筆觀測資料進行全網平差後，已知點距離檢測精度最低為 1/5179 (GE38→GE97;139m)，方位角檢測較差最低為 18.67 秒(GE38→GE97; 139m)，較差皆在 6 公分以內(詳表 5)。

表 5：GPS 衛星測量平差成果表

內政部國土測繪中心已知點檢測成果報表								
		自由網		已知點		較 差		
	點號	N-坐標(m)	E-坐標(m)	N-坐標(m)	E-坐標(m)	dN(m)	dE(m)	差值
1	B034	2671003.010	213407.652	2671003.017	213407.630	0.007	-0.022	0.023
2	B038	2669601.582	214818.460	2669601.582	214818.460	0.000	0.000	0.000
3	GD23	2669820.414	212551.494	2669820.430	212551.452	0.016	-0.042	0.045
4	GD24	2669511.191	212871.877	2669511.197	212871.826	0.006	-0.051	0.051
5	GE100N	2670361.891	212135.263	2670361.910	212135.221	0.019	-0.042	0.046
6	GE35	2671044.483	212842.168	2671044.496	212842.149	0.013	-0.019	0.023
7	GE38	2671125.812	212296.380	2671125.838	212296.345	0.026	-0.035	0.044
8	GE39	2670590.844	212979.857	2670590.843	212979.825	-0.001	-0.032	0.032
9	GE40	2670165.346	212837.333	2670165.348	212837.299	0.002	-0.034	0.034
10	GE94N	2671162.730	211983.184	2671162.749	211983.149	0.019	-0.035	0.040
11	GE97	2671001.556	212233.823	2671001.552	212233.787	-0.004	-0.036	0.036
12	GE98N	2670628.287	211964.383	2670628.304	211964.341	0.017	-0.042	0.045
13	GE99	2670355.886	211872.864	2670355.899	211872.820	0.013	-0.044	0.046
14	GEB02	2670981.771	212634.023	2670981.782	212633.983	0.011	-0.040	0.041
15	GEB03	2670519.431	212616.556	2670519.447	212616.523	0.016	-0.033	0.037
16	GZ11	2670220.285	212276.802	2670220.302	212276.776	0.017	-0.026	0.031
17	GZ12	2670433.944	212469.324	2670433.959	212469.297	0.015	-0.027	0.031
18	GZ13	2670605.034	212253.049	2670605.049	212253.014	0.015	-0.035	0.038
共 18 個已知點，其中最大較差 dN(GE38 : 0.026) dE(GD24 : -0.051) d(GD24 : 0.051)								

由 GPS 實際點位觀測網絡圖(如圖 8)對照 GPS 衛星測量平差成果表，其中三等衛星控制點 B038(圖 8 紅框位置)分佈於全網最東南側，距離其他控制點距離亦差異甚大，對照其他點位較差分佈平均，應存在系統誤差尚未消除，可推測若能在網絡西側加入三等衛星控制點進行約制，其成果精度應可再提升；另全網已知點距離檢測精度皆優於 1/5,000，仍符合地籍測量實施規則第 64 條簡易平差計算之規定，可視為研究區域內【GPS 測量成果】與【TWD97 地籍坐標系統】相吻合。



4.2. e-GNSS 動態即時定位精度合乎規範

由靜態 GPS 網形平差成果判斷，GPS 測量可直接應用於 TWD97 地籍坐標系統，視為【TWD97 數值地籍坐標】、【靜態 GPS 網形平差成果】無差異，因此本階段分析重點著重於【e-GNSS 動態即時系統】與【TWD97 數值地籍坐標】間差異。

本階段第一步驟先觀察 **e-GNSS (Taiwan_RTCM23)** 原始成果部份，當 e-GNSS 成果為非即時轉換成果，可由表 6 較差明顯看出具有約 45 公分之系統偏移，未經任何後處理前不宜貿然使用。

表 6：e-GNSS(Taiwan_RTCM23)原始成果表

點號	e-GNSS(Taiwan_RTCM23)		已知點		較差		
	N-坐標(m)	E-坐標(m)	N-坐標(m)	E-坐標(m)	dN(m)	dE(m)	差值
BC018	2670539.305	212143.559	2670539.526	212143.171	0.221	-0.389	0.447
BC042	2670900.421	212095.780	2670900.663	212095.401	0.242	-0.379	0.450
BD035	2670805.548	212636.050	2670805.782	212635.668	0.234	-0.382	0.448
GE35	2671044.249	212842.516	2671044.496	212842.149	0.247	-0.367	0.442
GE38	2671125.594	212296.708	2671125.838	212296.345	0.244	-0.363	0.437
GE39	2670590.607	212980.208	2670590.843	212979.825	0.236	-0.383	0.450
GE40	2670165.126	212837.676	2670165.348	212837.299	0.222	-0.377	0.437
GE94N	2671162.508	211983.518	2671162.749	211983.141	0.241	-0.377	0.448
GEB03	2670519.216	212616.888	2670519.447	212616.523	0.231	-0.365	0.431
GZ100N	2670361.661	212135.591	2670361.910	212135.220	0.249	-0.371	0.447
GZ11	2670220.043	212277.142	2670220.302	212276.776	0.259	-0.366	0.449
GZ12	2670433.708	212469.671	2670433.959	212469.297	0.251	-0.374	0.451
GZ13	2670604.812	212253.402	2670605.049	212253.014	0.237	-0.388	0.455
GZ99	2670355.648	211873.217	2670355.899	211872.820	0.251	-0.397	0.470

接著將 e-GNSS (Taiwan_RTCM23)觀測成果經內政部國土測繪中心-三維坐標轉換，獲得成果如表 7 所示，可得知轉換成果與 TWD97 一致，坐標較差值皆低於 4 公分，已知點距離檢測精度最低為 1/6197 (GZ100N→BC018; 177m)，仍符合地籍測量實施規則第 64 條簡易平差計算規定。

表 7：e-GNSS 三維坐標轉換成果表

	三維轉換		已知點		較差		
	N-坐標(m)	E-坐標(m)	N-坐標(m)	E-坐標(m)	dN(m)	dE(m)	差值
BC018	2670539.545	212143.201	2670539.526	212143.171	-0.019	-0.030	0.036
BC042	2670900.662	212095.421	2670900.663	212095.401	0.001	-0.020	0.020
BD035	2670805.787	212635.694	2670805.782	212635.668	-0.005	-0.026	0.026
GE35	2671044.488	212842.160	2671044.496	212842.149	0.008	-0.011	0.014
GE38	2671125.834	212296.349	2671125.838	212296.345	0.004	-0.004	0.006
GE39	2670590.846	212979.854	2670590.843	212979.825	-0.003	-0.029	0.029
GE40	2670165.365	212837.323	2670165.348	212837.299	-0.017	-0.024	0.029
GE94N	2671162.749	211983.158	2671162.749	211983.141	0.000	-0.017	0.017
GEB03	2670519.455	212616.533	2670519.447	212616.523	-0.008	-0.010	0.013
GZ100N	2670361.901	212135.234	2670361.910	212135.220	0.009	-0.014	0.017
GZ11	2670220.283	212276.786	2670220.302	212276.776	0.019	-0.010	0.021
GZ12	2670433.948	212469.315	2670433.959	212469.297	0.011	-0.018	0.021
GZ13	2670605.052	212253.045	2670605.049	212253.014	-0.003	-0.031	0.031
GZ99	2670355.889	211872.858	2670355.899	211872.820	0.010	-0.038	0.039

4.3. e-GNSS 成果套合至地籍坐標精度最佳

第一階段將所有 GPS 控制點配合對應 TWD97 地籍圖根點坐標進行四參數轉換(扣除 BC018、BC042、BC035 加密圖根點)，整體較差降至 2.7 公分以下(見表 8)，已知點距離檢測精度最低為 1/6022 (GZ100N→BC018; 177m)，雖略高於 e-GNSS 三維轉換，但差值標準偏差由 0.009 降至 0.005，表示整體點位更加拉近地籍坐標系統，進行複丈案件時與界址相對關係偏移量可預期更少。

表 8：e-GNSS 四參數轉換成果表(1)

	四參數轉換		已知點		較差		
	N-坐標(m)	E-坐標(m)	N-坐標(m)	E-坐標(m)	dN(m)	dE(m)	差值
BC018	2670539.550	212143.182	2670539.526	212143.171	-0.024	-0.011	0.027
BC042	2670900.669	212095.407	2670900.663	212095.401	-0.005	-0.006	0.008
BD035	2670805.789	212635.678	2670805.782	212635.668	-0.007	-0.010	0.012
GE35	2671044.489	212842.148	2671044.496	212842.149	0.007	0.001	0.007
GE38	2671125.840	212296.338	2671125.838	212296.345	-0.002	0.007	0.007
GE39	2670590.843	212979.835	2670590.843	212979.825	0.000	-0.010	0.010
GE40	2670165.362	212837.298	2670165.348	212837.299	-0.014	0.001	0.014
GE94N	2671162.758	211983.147	2671162.749	211983.141	-0.009	-0.006	0.011
GEB03	2670519.456	212616.513	2670519.447	212616.523	-0.009	0.010	0.014
GZ100N	2670361.906	212135.212	2670361.910	212135.220	0.004	0.008	0.009
GZ11	2670220.285	212276.762	2670220.302	212276.776	0.017	0.014	0.022
GZ12	2670433.949	212469.294	2670433.959	212469.297	0.010	0.003	0.010
GZ13	2670605.056	212253.026	2670605.049	212253.014	-0.007	-0.012	0.014
GZ99	2670355.896	211872.837	2670355.899	211872.820	0.004	-0.017	0.017

第二步驟將四參數轉換控制點降至 4 點(GE35、GE40、GE94N、GZ99)，將控制點位分散於研究區域四周(詳圖 9)，整體較差除 GZ11 拉高至 3.2 公分外，其餘點位降至 2 公分以下，較差標準偏差為 0.007，已知點距離檢測精度最低仍為 GZ100N→BC018，精度為 1/5637，與第一步驟比較差異量不大，表示外業實際應用時已知點均勻分佈於測區外圍，可降低必要觀測量同時兼顧平差精度。

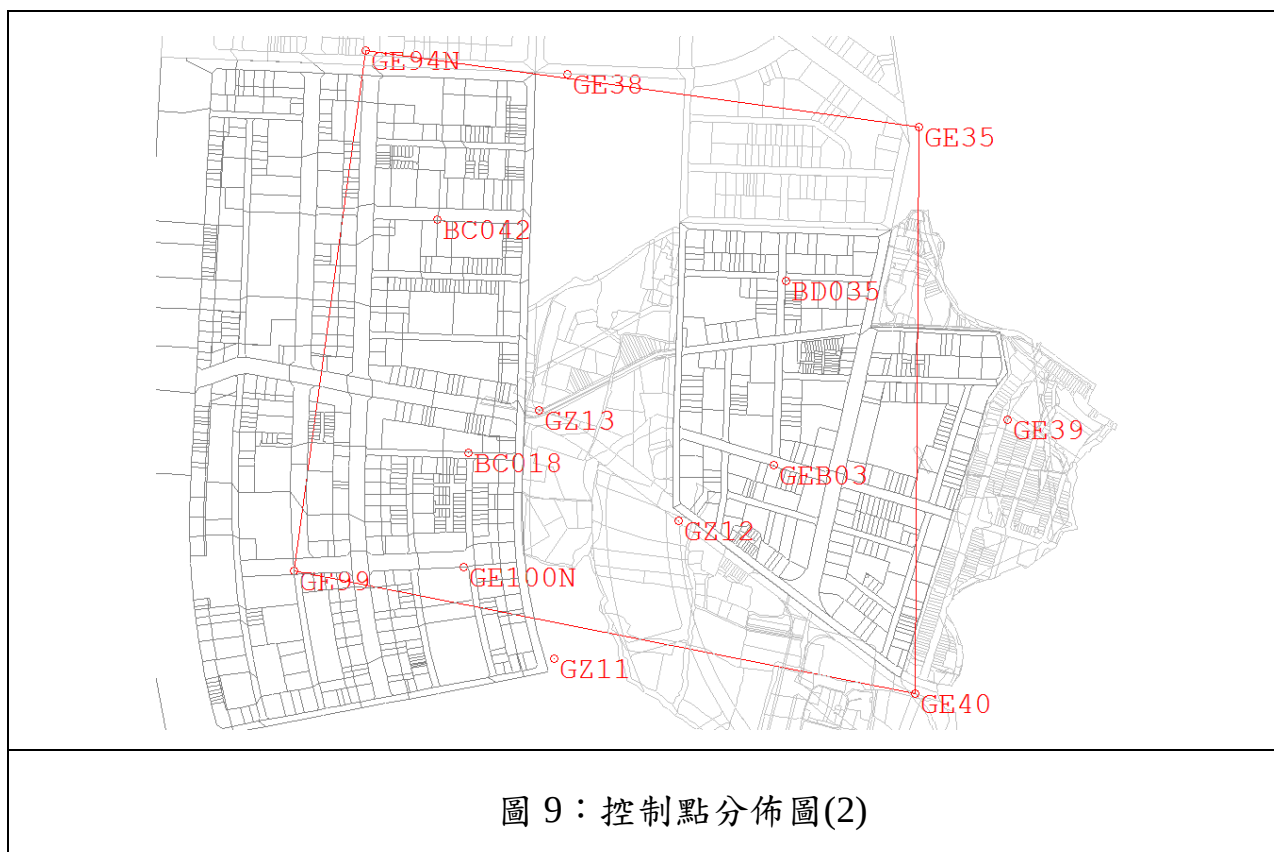


表 9：e-GNSS 四參數轉換成果表(2)

	四參數轉換		已知點		較差		
	N-坐標(m)	E-坐標(m)	N-坐標(m)	E-坐標(m)	dN(m)	dE(m)	差值
BC018	2670539.546	212143.174	2670539.526	212143.171	-0.020	-0.003	0.021
BC042	2670900.668	212095.399	2670900.663	212095.401	-0.005	0.002	0.006
BD035	2670805.787	212635.676	2670805.782	212635.668	-0.005	-0.008	0.009
GE35	2671044.489	212842.148	2671044.496	212842.149	0.007	0.001	0.008
GE38	2671125.842	212296.333	2671125.838	212296.345	-0.004	0.012	0.013
GE39	2670590.838	212979.836	2670590.843	212979.825	0.005	-0.011	0.012
GE40	2670165.352	212837.296	2670165.348	212837.299	-0.004	0.003	0.005
GE94N	2671162.761	211983.139	2671162.749	211983.141	-0.012	0.002	0.012
GEB03	2670519.451	212616.510	2670519.447	212616.523	-0.004	0.013	0.014
GZ100N	2670361.900	212135.204	2670361.910	212135.220	0.010	0.016	0.019
GZ11	2670220.278	212276.755	2670220.302	212276.776	0.024	0.021	0.032
GZ12	2670433.943	212469.289	2670433.959	212469.297	0.016	0.008	0.017
GZ13	2670605.053	212253.020	2670605.049	212253.014	-0.004	-0.005	0.007
GZ99	2670355.890	211872.826	2670355.899	211872.820	0.009	-0.005	0.010

第三步驟將四參數轉換控制點選用距離精度與分佈最差之三點(BC018、GZ100N、GE13)，(詳表 10)，整體較差大幅拉高，點位較差超越 6 公分，整體來說無使用價值，但轉換控制點 BC018、GZ100N、GE13 本身精度依然低於 2 公分，表示控制點分佈應列為規劃重點，若網型分佈不佳，不論點位精度如何提升，仍因平差時外插效應而大幅降低精度；另一點則因 GZ11、GZ12 較差仍在合理範圍，說明外業複丈時，若透過 e-GNSS 觀測測區附近圖根點並據以進行四參數轉換(控制點務必包覆測區)，以此補建圖根點仍可達到複丈案件之精度要求。

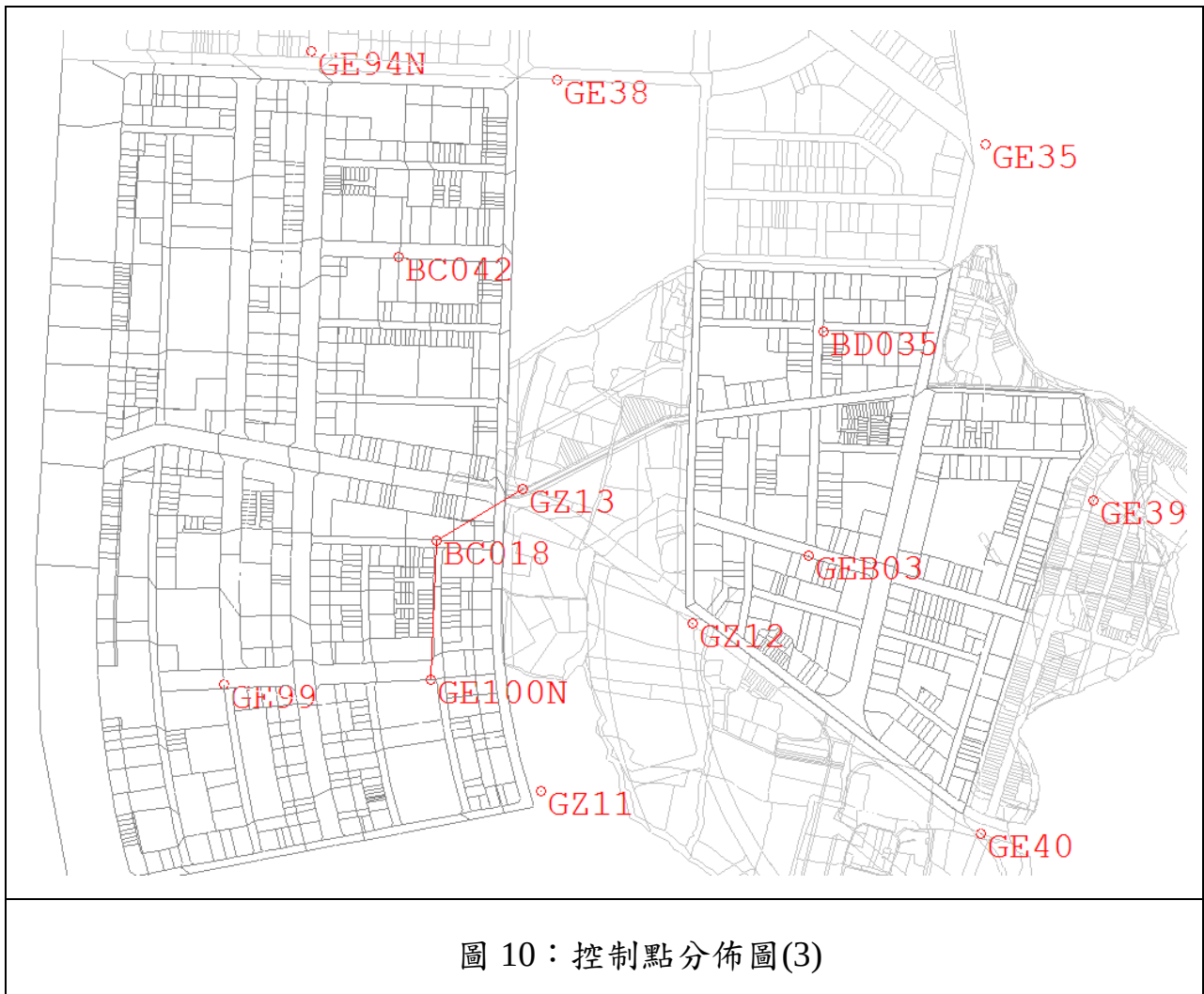


表 10：e-GNSS 四參數轉換成果表(3)

	四參數轉換		已知點		較差		
	N-坐標(m)	E-坐標(m)	N-坐標(m)	E-坐標(m)	dN(m)	dE(m)	差值
BC018	2670539.536	212143.177	2670539.526	212143.171	-0.010	-0.006	0.011
BC042	2670900.622	212095.380	2670900.663	212095.401	0.041	0.021	0.046
BD035	2670805.789	212635.615	2670805.782	212635.668	-0.007	0.053	0.053
GE35	2671044.484	212842.052	2671044.496	212842.149	0.012	0.097	0.098
GE38	2671125.791	212296.279	2671125.838	212296.345	0.047	0.066	0.081
GE39	2670590.884	212979.761	2670590.843	212979.825	-0.041	0.064	0.076
GE40	2670165.426	212837.265	2670165.348	212837.299	-0.078	0.034	0.085
GE94N	2671162.683	211983.110	2671162.749	211983.141	0.066	0.031	0.073
GEB03	2670519.477	212616.472	2670519.447	212616.523	-0.030	0.051	0.059
GZ100N	2670361.905	212135.220	2670361.910	212135.220	0.005	0.000	0.005
GZ11	2670220.306	212276.769	2670220.302	212276.776	-0.004	0.007	0.008
GZ12	2670433.966	212469.271	2670433.959	212469.297	-0.007	0.026	0.027
GZ13	2670605.045	212253.008	2670605.049	212253.014	0.004	0.006	0.008
GZ99	2670355.876	211872.866	2670355.899	211872.820	0.023	-0.046	0.051

最後測試三參數轉換之差異，控制點比照第二步驟選取 GE35、GE40、GE94N、GZ99(網形分佈佳、四參數轉換成效良好)，整體較差都在 3 公分內(見表 11)，已知點距離檢測精度最低仍為 GZ100N→BC018，精度為 1/6380，較差標準偏差為 0.007，與四參數轉換差異細微，說明實際複丈外業時可直接使用三參數轉換套合至地籍坐標系統，惟測區範圍擴大，尺度比帶來影響本研究尚未觸及，仍需進一步測試；現階段可確認一平方公里左右測區尺度比帶來影響不大，使用三參數轉換附加優勢為重測系統已內建此轉換，可直接接軌目前外業作業。

表 11：e-GNSS 三參數轉換成果表(4)

	四參數轉換		已知點		較差		
	N-坐標(m)	E-坐標(m)	N-坐標(m)	E-坐標(m)	dN(m)	dE(m)	差值
BC018	2670539.548	212143.178	2670539.526	212143.171	-0.022	-0.007	0.023
BC042	2670900.665	212095.403	2670900.663	212095.401	-0.002	-0.002	0.003
BD035	2670805.785	212635.672	2670805.782	212635.668	-0.003	-0.004	0.005
GE35	2671044.483	212842.141	2671044.496	212842.149	0.013	0.008	0.015
GE38	2671125.835	212296.334	2671125.838	212296.345	0.003	0.011	0.011
GE39	2670590.839	212979.827	2670590.843	212979.825	0.004	-0.002	0.004
GE40	2670165.360	212837.290	2670165.348	212837.299	-0.012	0.009	0.015
GE94N	2671162.754	211983.145	2671162.749	211983.141	-0.005	-0.004	0.006
GEB03	2670519.453	212616.506	2670519.447	212616.523	-0.006	0.017	0.018
GZ100N	2670361.905	212135.207	2670361.910	212135.220	0.005	0.013	0.014
GZ11	2670220.285	212276.756	2670220.302	212276.776	0.017	0.020	0.026
GZ12	2670433.947	212469.288	2670433.959	212469.297	0.012	0.009	0.015
GZ13	2670605.054	212253.021	2670605.049	212253.014	-0.005	-0.007	0.009
GZ99	2670355.895	211872.833	2670355.899	211872.820	0.004	-0.013	0.014

五. 建議事項

透過以上分析，本研究有幾項建議可供參考：

1. e-GNSS 符合精度規範，但不宜直接使用

研究成果發現，e-GNSS 成果如同內政部國土測繪中心 e-GNSS 時即動態定位入口網所述，平面精度優於 5 公分，高程精度優於 10 公分，且實際應用於 TWD97 地籍坐標系統時精度皆符合相關規範，但單純就 TWD97 坐標值較差而言，部份誤差已逼近數值區作業規範極限(詳表 7)，直接應用於地籍測量恐有隱藏高危險性之風險。

2. e-GNSS 應用於地籍測量，需配合已知點套合

再就本研究表 8、表 9、表 11 成果所示，將 TWD97 地籍坐標系統中選取分佈均勻之圖根點作為已知點進行 e-GNSS 成果套合，可將 e-GNSS 較差約制在 2 公分，且研究中採用低密度控制點轉換方式，實際應用時可在測區附近加測可靠界址點，由坐標參數轉換乙節成果可得知，由局部區域高密度控制點套合方式，可產製最貼合地籍坐標之成果，藉由此成果進行複丈將與地籍坐標具有高度一致性。

3. e-GNSS 應用於圖根點補建效率高

本次研究 e-GNSS 觀測資料採取單筆 15 秒收斂後記錄，每站紀錄 3 次，由表 12 可得知 3 次觀測紀錄之變異量差異不大，作業時亦發現每站等待 RTK-Fixed 後，每站約在 6~8 秒即收斂完成，因此實際使用可將每站收斂秒數設定 10~15 秒，每站只需記錄 3 次內即可獲得可靠成果。

表 12：e-GNSS 各點觀測值標準偏差

點號	N	E	h
GE35	0.003	0.001	0.001
BD035	0.001	0.002	0.008
GEB035	0.000	0.002	0.002
GE39	0.001	0.001	0.002
GE40	0.002	0.003	0.005
GZ12	0.003	0.001	0.001
GZ13	0.001	0.002	0.000
GZ11	0.002	0.000	0.003
GZ100	0.003	0.002	0.007
GZ99	0.003	0.001	0.009
BC018	0.001	0.002	0.010
BC042	0.003	0.004	0.005
GE94	0.001	0.011	0.004
GE38	0.002	0.000	0.002

由於 e-GNSS 觀測時不需考慮各點位間通視關係，對照本次研究進行過程，平均每站含儀器架設、連線等待 RTK-Fixed 至數據紀錄完成約 3~5 分鐘，相較於傳統經緯儀施測模式，e-GNSS 更加適合大範圍或長距離之施測作業，具有效率高且精度均勻之優點(詳表 13)，此特性適合運用在圖根點補建工作，但補建成果最好 有分佈均勻之已知點進行約制。

表 13：e-GNSS 施測特性表

	經緯儀	e-GNSS
每站觀測時間	約6~8分鐘(含儀器整置、標定、照準)	約3~5分鐘(含儀器整置、等待連線、數據收斂時間)
補點 設立情形	考量測站通視性，平均每60~80公尺需架設補點一站，觀測時間隨補點數量倍增，不易於半小時內完成	不需考量通視性，直接引點至目標區域，每次補點數量可固定在5點內，半小時內可完成
地形限制	點對間必須通視良好，選點限制較大	單點透空率良好即可
誤差分佈	與導線方向具有相依性，不易全面平差	接收資料已經過處理，各點位誤差分佈均勻，無明顯方向性

另 e-GNSS 時即動態定位系統需要良好透空率，應用於市區將是一大限制，實際圖根點補建時可將圖根點埋設於街廓截角或公園等遮蔽密度低區域，埋設時可同時通視現存圖根點，如此即可配合經緯儀作業來彌補不足同時兼顧整體作業效率。

4. 應用 e-GNSS 成本高，測量時程必須緊湊安排

依據國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統收費標準，地政事務所使用 VBS-RTK 即時性衛星動態定位服務為每帳號新臺幣 210 元/每日，以本所常態外業編組 8 組計算，每日需新臺幣 1,680 元，每月需增加 3 萬以上開銷，若以該服務進行常態性複丈案件將是一大負荷，使用上應規劃鄰近區域集中施測，務必於短時間內完成相關測量作業，以達作業效率與成本控管間平衡。

5. 無法獲得 RTK-Fixed，可先將儀器移往空曠處

研究進行時如圖 11 所示，有時周遭透空率不算太差(三層樓建築、樹蔭等)但仍無法獲取 RTK-Fixed 時，可先將儀器移往附近空曠處，待 RTK-Fixed 後移往測站繼續接收並解算坐標，雖收斂坐標跳動幅度大，精度將會降低 2~4 公分，以此精度進行整體平差將拖累整體精度；但當測區透空率皆不佳時，增加測區已知點觀測數量，必要時進行小區域平差，可作為必要時權宜測量方式。



圖 11：透空率影響 e-GNSS 定位現況圖

六. 參考文獻

1. 何維信、詹君正，2010，虛擬基準站即時動態定位辦理土地複丈精度之研究，《台灣土地研究》，第 13 卷，第 2 期，頁 79-100。
2. 劉冠岳、王建得、黃國良、何定遠、鄭彩堂，2014，VBS-RTK 應用於界址測量之探討，《地籍測量》，第 33 卷，第 2 期，頁 21-38。
3. 內政部國土測繪中心自行研究報告，2014，三維即時坐標轉換輔助 VBS-RTK 定位技術獲得法定坐標系統測量成果之研究
4. 內政部國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統入口網站
(<http://www.egnss.nlsc.gov.tw/>)
5. 內政部國土測繪中心三維坐標轉換服務入口網站
(<http://trans.egnss.nlsc.gov.tw:8081/index.aspx>)

